

⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 3808433 C1

⑤ Int. CL. 4:
H 02 M 3/28
H 02 M 1/14

DE 3808433 C1

BEST AVAILABE COPY

⑩ Aktenzeichen: P 38 08 433.3-32
⑪ Anmeldetag: 14. 3. 88
⑬ Offenlegungstag: —
⑭ Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 3. 5. 89

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦ Patentinhaber:

ANT Nachrichtentechnik GmbH, 7150 Backnang, DE

⑧ Erfinder:

Lechler, Siegfried, Ing.(grad.), 7154 Althütte, DE

⑨ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 29 01 761 A1
R.HAYNER et al., The venerable Converter, In: IEEE Transactions on industrial electronics and control instrumentation, Vol.IECI-24, Nr.4, Nov.1977, S.286-297;
R.HAYNER..., The venerable Converter, A new approach to power processing, In: IEEE Transactions, Vol.IECI-24, Nr.4, Nov.1977, S.286-297;

⑩ Regelbarer Gegentaktgleichspannungswandler und Verfahren zu seiner Steuerung

Bei bekannten Gegentaktgleichspannungswandlern mit geringem Bauelementaufwand ist die Ausgangsspannung, abgesehen vom Übersetzungsverhältnis des Transformatoren, maximal gleich der Eingangsspannung. Die neue Anordnung soll ermöglichen, daß die Ausgangsspannung bei vergleichbarem Bauelementaufwand größer als die Eingangsspannung ist. Außerdem soll ein Verfahren zur Ansteuerung des neuen Wandlers angegeben werden.
Der Gegentaktgleichspannungswandler weist einen induktiven Eingang und vier Halbleiterschalter in Brückenschaltung auf, in deren einen Diagonalen der Transformator und in der anderen die Eingangsspannungsquelle liegt. Die Speicherdrossel besteht aus zwei magnetisch gekoppelten Drosseln, von denen eine über einen weiteren Halbleiterschalter mit der Mittenanzapfung am Transformator verbunden ist. Wichtig ist, daß während jeder Phase ein über die Eingangsspannungsquelle und über eine Speicherinduktivität führender Stromkreis geschlossen ist.
Der Gegentaktgleichspannungswandler ist für den Betrieb an hohen Versorgungsspannungen geeignet.

DE 3808433 C1

ZEICHNUNGEN BLATT 1

Nummer: 38 08 433
 Int. Cl. 4: H 02 M 3/28
 Veröffentlichungstag: 3. Mai 1989

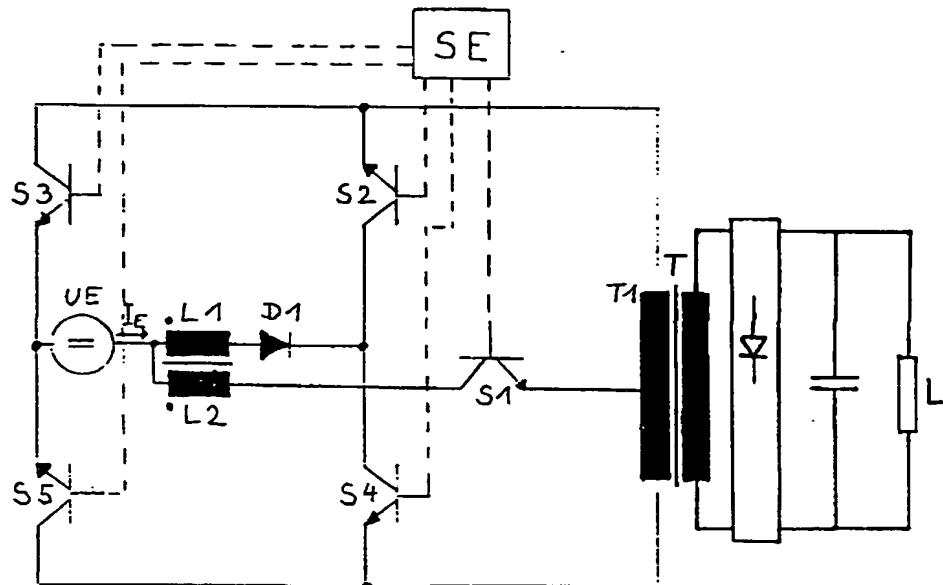


Fig. 1

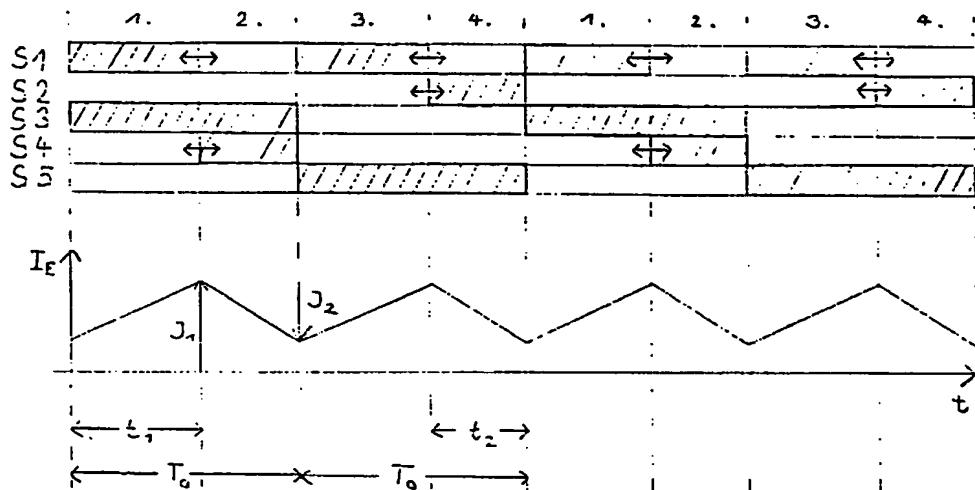


Fig. 2

PS 38 08 433

1

2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Gegentaktgleichspannungswandler nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und ein Verfahren zur Ansteuerung des Wandlers.

Für regelbare Gegentaktgleichspannungswandler zum Betrieb an hohen Versorgungsspannungen werden wegen der geringen Spannungsbelastung der Halbleiterschalter Brückenwandler eingesetzt. Zur Erzielung eines niedrigen Eingangsbrumms ist ein induktiver Eingang vorgesehen. Man erwartet außerdem von einem Wandler, daß er einen kontinuierlichen Ausgangsstrom zur Verringerung der Siebmittel aufweist.

Ein Gegentaktgleichspannungswandler gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 ist aus der DE-OS 29 01 761 bekannt. Dieser Wandler weist eine Speicherinduktivität aus zwei magnetisch verkoppelten Speicherdrösseln auf. Es findet ein Ladevorgang der Speicherdrösseln statt, wenn einer der Schalter der Brückenschaltung geschlossen ist und ein Eingangsstrom von der Eingangsspannungsquelle über eine Speicherdrössel zur Mittenanzapfung der Primärwicklung des Transformatoren und dann wieder zur Eingangsspannungsquelle fließt. Anschließend findet ein Entladevorgang der Speicherdrösseln statt. Dabei ist wieder ein Schalter der Brückenschaltung geschlossen und ein Entladestrom fließt von der zweiten Speicherdrössel zur Mittenanzapfung der Primärwicklung und dann zurück zur Speicherdrössel. Ein weiterer Ladevorgang schließt sich an. Während des Entladevorgangs liegt die Eingangsspannung nicht am Transformator an. Die Ausgangsspannung ist bei diesem Wandler abgesehen vom Übersetzungsverhältnis des Transformatoren maximal gleich der Eingangsspannung.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde einen Gegentaktgleichspannungswandler in Brückenschaltung anzugeben, dessen Ausgangsspannung abgesehen vom Übersetzungsverhältnis des Transformatoren, bei vergleichbarem Bauelementaufwand größer als die Eingangsspannung ist. Außerdem ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Steuerung eines solchen Gegentaktgleichspannungswandlers anzugeben.

Diese Aufgabe wird bezüglich des Gegentaktgleichspannungswandlers durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 und bezüglich des Verfahrens durch die Merkmale des Patentanspruchs 2 gelöst.

Der Gegentaktwandler als Boostregler ist bereits aus dem Aufsatz "The Venable converter" von R. Hayner et al in PESC 1976, RECORD (IEEE) bekannt, infolge des Gegentaktbetriebes ist die Spannungsbelastung der Schalter sehr hoch, die Störanfälligkeit ist groß und die Regelung ist verglichen mit dem erfundungsgemäßen Gegentaktgleichspannungswandler aufwendig. Außerdem ist der Bauelementaufwand für diesen Wandler sehr hoch.

Der erfundungsgemäße Gegentaktgleichspannungswandler weist einen induktiven Eingang auf. Der Ausgangsstrom ist kontinuierlich und weist keine Sprünge auf. Der Aufwand an Siebmitteln auf der Sekundärseite ist daher gering. Der Wandler ist für höhere Eingangsspannungen geeignet, als der Wandler nach dem Stand der Technik, da beim erfundungsgemäßen Wandler immer zwei Halbleiterschalter nicht leitend sind, während die Spannung beim Wandler nach dem Stand der Technik über einen offenen Schalter absfällt. Die Spannungsbelastung der Halbleiterschalter ist also gering. Außer-

dem entsteht keine Sperrspannungsbelastung, da keine Sperrphase nötig ist. Die Eingangsspannung liegt immer am Transformator an. Während der Entladung der Speicherinduktivitäten liegen diese in Serie zur Eingangsspannungsquelle. Die Verlustleistung des Wandlers ist deshalb gering.

Anhand der Zeichnungen wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert: Dabei zeigt

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild des erfundungsgemäßen Gegentaktgleichspannungswandlers nach Anspruch 1.

Fig. 2 das Steuerschema der Halbleiterschalter und ein Stromzeitdiagramm des Gegentaktgleichspannungswandlers.

Fig. 1 zeigt ein Prinzipschaltbild eines erfundungsgemäßen Gegentaktgleichspannungswandlers. Die Halbleiterschalter S2, S3, S4, S5 sind in Brücken geschaltet. Im dargestellten Ausführungsbeispiel werden npn-Transistoren eingesetzt. In der Diagonalen, die die Verbindungspunkte der Halbleiterschalter S3 und S5 bzw. S2 und S4 miteinander verknüpft, befindet sich eine Eingangsspannungsquelle UE und in Serie dazu eine Speicherdrössel L1 und eine Diode D1. In der anderen Diagonalen der Brückenschaltung befindet sich eine Primärwicklung T1 eines Transformatoren T. Die Primärwicklung T1 weist eine Mittenanzapfung auf. Diese ist über einen weiteren Halbleiterschalter S1 mit einer zweiten Speicherdrössel L2 verbunden, die mit der Eingangsspannungsquelle UE verbunden ist. Die Speicherdrössel L2 ist mit der Speicherdrössel L1 magnetisch verkoppelt und weist den gleichen Wicklungssinn auf. Die Diode D1 ist so gepolt, daß ein Strom über die Primärwicklung T1 fließt, wenn entweder die Halbleiterschalter S2 und S5 oder S3 und S4 geschlossen sind. Die Halbleiterschalter S3, S5 werden von einer Steuereinheit SE mit einem festen Takt gesteuert. Die Schalter S1, S2 und S4 werden von der Steuereinheit SE beispielsweise in Abhängigkeit von der Eingangsspannung Ue der Ausgangsspannung Uo und/oder dem Eingangstrom Ie pulsbreitengesteuert. Die Sekundärspule des Transformatoren T ist Teil eines Lastkreises mit der Last L, der auch Mittel zur Gleichrichtung und zum Glätten der Ausgangsspannung Uo aufweist.

Ein Steuerschema der Halbleiterschalter S1 bis S5 nach dem erfundungsgemäßen Verfahren ist in Fig. 2 dargestellt. Die schraffierte Felder zeigen, welche Schalter in welchem Zeitintervall leiten. Man kann das Steuerschema in 4 Phasen unterteilen. Während Phase 1 sind die Schalter S1 und S3 geschlossen. Der Eingangstrom Ie fließt von der Eingangsspannungsquelle UE über die Speicherdrössel L2 und den Halbleiterschalter S1 zur Mittenanzapfung der Primärspule T1 des Transformatoren T und über Schalter S3 zur Eingangsspannungsquelle UE. Es wird Energie auf die Sekundärseite des Transformatoren T übertragen und gleichzeitig im magnetischen Feld der Speicherdrössel L1, L2 gespeichert. Der Schalterzustand bleibt für den Zeitabschnitt t1 erhalten. Dann wird Schalter S1 geöffnet und Schalter S4 geschlossen. Der Eingangstrom Ie fließt nun über die Speicherdrössel L1 und die Brückenschaltung durch die Primärspule T1. Die Stromrichtung durch die Primärspule T1 ist dann, während Phase 2, gleich der Stromrichtung während Phase 1. Die Speicherdrössel L1 wird während Phase 2 in Reihe mit der Eingangsspannung Ue über den Transformatoren T an den Lastkreis L entladen. Die Dauer der Phase 2 beträgt t2. Die Schalter S3 und S4 werden geöffnet. Phase 3 beginnt mit dem Schließen der Schalter S1 und S5. Sie entspricht Phase 1, wenn man davon absicht, daß der Ein-

PS 38 08 433

3

gangsstrom I_E über die Schalter S_1 und S_5 fließt und daß die Stromrichtung in der Primärspule umgekehrt ist und der Strom durch den einen Teil der Primärspule fließt, während er während Phase 1 durch den anderen Teil der Primärspule fließt. Die Stromrichtung im Transformator T wird beim Übergang von Phase 2 in Phase 3 umgekehrt. Phase 4 entspricht Phase 2 mit entgegengesetzter Stromrichtung durch die Primärwicklung T_1 des Transformators T und mit den geschlossenen Halbleiterschaltern S_2 und S_5 . Während jeder Phase wird ein über die Eingangsspannungsquelle U_E und über eine Speicherdiode L_1 oder L_2 führender Stromkreis geschlossen. Während den vier Phasen des Gegentaktgleichspannungswandlers wird die Speicherdiode jeweils zweimal geladen und in Serie zur Eingangsspannung U_c über den Transformator T an die Last L entladen.

Die Dauer der Phase 1, t_1 entspricht der der Phase 3 und die Dauer der Phase 2, t_2 , entspricht der der Phase 4. Betrachtet man den zeitlichen Verlauf des Eingangstroms I_L zwischen dem gemeinsamen Verbindungs punkt der Speicherdiode und der Eingangsspannungs quelle U_E , so hängt dieser wesentlich von der Periodendauer $T_o = t_1 + t_2$, von der Zeitspanne t_1 und von den Induktivitäten der Speicherdioden L_1, L_2 ab. Ist die Induktivität der ersten Speicherdiode L_1 gleich L_S und die der zweiten Speicherdiode L_2 gleich L_S/n , ist das Übersetzungsverhältnis des Transformators T , y , das Übersetzungsverhältnis für ein Teil der Primärwicklung T_1 des Transformators T und U_a die Ausgangsspannung, so ergibt sich für den Strom I_L die in Fig. 2 dargestellte Kurve, wobei

$$I_L = \frac{U_a - U_c}{L_S} \cdot t_1 \quad 35$$

und

$$I_L = \frac{U_a - U_c}{L_S} \cdot t_2 \quad 40$$

Da man erreichen will, daß die Ausgangsspannung U_a möglichst konstant ist, ist es sinnvoll den Faktor $y = \frac{1}{n}$ zu wählen und die Primärwicklung T_1 des Transformators symmetrisch zu teilen. Es ergibt sich also $n=2$ und $y=0,5$.

Die Ausgangsspannung wird

$$\frac{U_a \cdot y}{U_c} = \frac{t_1}{T_o} + 1 \quad 50$$

wobei T_o die Periodendauer des Eingangsstroms I_L ist.

Patentansprüche

1. Regelbarer Gegentaktgleichspannungswandler mit den folgenden Merkmalen
 - a) Der Gegentaktgleichspannungswandler weist vier Halbleiterschalter (S_2, S_3, S_4, S_5) in Brückenschaltung auf.
 - b) Die eine Diagonale der Brückenschaltung enthält die Primärwicklung (T_1) eines Trans formators (T).
 - c) An eine Sekundärwicklung des Transfor-

4

mators (T) ist ein Lastkreis (L) angeschlossen.

- d) Eine Eingangsspannungsquelle (U_E) liegt in der zweiten Diagonalen der Brückenschaltung.
- e) Zwischen der Eingangsspannungsquelle (U_E) und einem Paar der Halbleiterschalter (S_2, S_4) liegt eine Speicherdiode (L_1).
- f) In Serie zur Speicherdiode (L_1) ist eine Diode (D_1) derart geschaltet, daß ein Strom durch die Primärwicklung (T_1) des Transformators (T) fließt, wenn einer der Halbleiterschalter (S_2, S_3), der die Eingangsspannungs quelle (U_E) direkt mit der einen Seite der Primärspule (T_1) verbindet und der Halbleiterschalter (S_2, S_4), der die Speicherdiode (L_1) mit der anderen Seite der Primärspule (T_1) verbindet, leitend sind.
- g) Die Speicherdiode (L_1) ist mit einer gleichsinnig gewickelten zweiten Speicherdiode (L_2) magnetisch gekoppelt.
- h) Die Primärwicklung (T_1) des Transformators (T) weist eine Mittenanzapfung auf.
- i) Die Eingangsspannungsquelle (U_E) ist über die zweite Speicherdiode (L_2) und einen weiteren Halbleiterschalter (S_1) mit der Mittenanzapfung der Primärwicklung (T_1) des Transformators (T) verbunden.

Die Merkmale a), b), c), d), e), g), h) bilden den Oberbegriff, die Merkmale f) und i) das Kennzeichen.

2. Verfahren zur Steuerung eines Gegentaktgleichspannungswandlers nach Anspruch 1.

- a) Einer der Halbleiterschalter (S_5) der Brückenschaltung, der die Eingangsspannungsquelle (U_E) direkt mit der einen Seite der Primärspule (T_1) des Transformators (T) verbindet, und der Halbleiterschalter (S_1), der mit der Mittenanzapfung der Primärspule (T_1) verbunden ist, werden geschlossen.
- b) Es fließt ein Strom durch die zweite Speicherdiode (L_2) und durch einen Teil der Primärspule (T_1), nämlich von der Mittenanzapfung zu der Seite, die mit dem geschlossenen Halbleiterschalter (S_5) der Brückenschaltung verbunden ist.
- c) Der Halbleiterschalter (S_1), der mit der Mittenanzapfung der Primärspule (T_1) verbunden ist, wird geöffnet und der Halbleiterschalter (S_2), der die erste Speicherdiode (L_1) mit der zweiten Seite der Primärspule (T_1) verbindet, wird geschlossen.
- d) Es fließt ein Strom durch die erste Speicherdiode (L_1) und durch die Primärspule (T_1).
- e) Der Vorgang wird nun mit den anderen Halbleiterschaltern (S_3, S_4) der Brückenschaltung wiederholt, der Strom fließt in entgegengesetzter Richtung durch die Primärspule (T_1) des Transformators (T).

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen